

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- u. Kieferkrankheiten
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. hab. Hans Heuser

THESIS

MARBURG

1966

**In vitro-Untersuchungen über die Löslichkeitsreduktion
menschlichen Zahnschmelzes
nach einmaliger Touchierung
mit einem fluoridhaltigen Kunststofflack
in Abhängigkeit von der Haftdauer**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Hans-Henning Baumgarten

aus Helmstedt

Marburg 1966

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- u. Kieferkrankheiten
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. hab. Hans Heuser

**In vitro-Untersuchungen über die Löslichkeitsreduktion
menschlichen Zahnschmelzes
nach einmaliger Touchierung
mit einem fluoridhaltigen Kunststofflack
in Abhängigkeit von der Haftdauer**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Hans-Henning Baumgarten

aus Helmstedt

Marburg 1966

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 14.7.1966
gedruckt mit Genehmigung der Fakultät
Dekan: Prof.Dr.med.O.Braun-Falco
Referent: Prof.Dr.med.Dr.med.dent.habil.H.Heuser
Correferent: Prof.Dr.rer.nat.F.Zilliken

Meinen lieben Eltern in Dankbarkeit

gewidmet.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

I n h a l t

- A. Einleitung : Zur Kariesprophylaxe mit Fluor und ihren bisherigen Möglichkeiten.
- B. Hauptteil : In vitro-Untersuchungen über die Löslichkeitsreduktion menschlichen Zahnschmelzes nach einmaliger Touchierung mit einem fluoridhaltigen Kunststofflack in Abhängigkeit von der Haftdauer.
- 1) Die Methode der Touchierung mit Fluor-Lack.
 - 2) Chemisch-analytische Untersuchungen.
 - a) Die Untersuchungsmethoden.
 - b) Die Untersuchungsergebnisse.
 - 3) Histologische Untersuchungen.
 - 4) Diskussion der Untersuchungsergebnisse.
- C. Schluß : Zusammenfassung.
- D. Literaturverzeichnis.

A. Einleitung: Zur Kariesprophylaxe mit Fluor und ihren bisherigen Möglichkeiten.

Im Jahre 1875 wies ERHARDT auf dem XIV. Kongreß des Zentralvereins der deutschen Zahnärzte in seiner Mitteilung: "Ernährung der Zähne durch künstliche Mittel" darauf hin, daß Fluor dem Schmelz "Härte und Dauerhaftigkeit" verliehe. Damit dürfte ERHARDT als erster in Europa und vielleicht in der Welt die Bedeutung des Fluors für die Kariesprophylaxe erkannt haben. Seine "Erhardt-Pastillen" oder "Fluor-Pastillen" wurden 1875 zum ersten Mal hergestellt, fanden jedoch keine große Verbreitung. Sie gerieten ebenso in Vergessenheit wie der Vorschlag von CHRICHTON und BROWN aus dem Jahre 1892, Calciumfluorid enthaltende Pillen zur Bekämpfung der Karies anzuwenden.

Erst nach den grundlegenden Arbeiten von BLACK, MC KAY, DEAN u.a. über die Zusammenhänge von Fluor, Zahnkaries und Dentalfluorose wurden vielfältige Methoden entwickelt, um durch massenprophylaktische und individuelle Fluorgaben die Zahnkaries einzuschränken.

Als wirkungsvollste Fluoridierungsmaßnahme für weite Bevölkerungskreise erwies sich die 1945 in den USA begonnene Trinkwasserfluoridierung, bei der das Trinkwasser auf einen Fluorgehalt von 1 mg/l angereichert wird. In den USA wird heute etwa ein Viertel der Bevölkerung mit fluoridiertem Trinkwasser versorgt, und die erzielte Kariesreduktion beträgt dort zum Teil über 50%. Im Jahre 1952 wurde die erste europäische Anlage zur Trinkwasserfluoridierung in Kassel-Wahlershausen in Betrieb genommen. Auch hier konnte HEUSER mit den Dissertationen von STEIN, HOFFMANN und WACHOLDER die karieshemmende Wirkung des Fluorids im Trinkwasser feststellen. Dort, wo die Trinkwasserfluoridierung noch nicht eingerichtet werden konnte, ist durch die Gabe von Fluortabletten (0,25 mg F) eine Möglichkeit zur Kariesprophylaxe in größerem Umfange gegeben. Untersuchungen von KESSLER in einigen hessischen Kreisen und in Ulm ergaben bei einer solchen Tablettenfluoridierung eine Kariesreduktion von 30%.

Andere kollektive Maßnahmen der Bevölkerung Fluor zuzuführen, wie der von WESPI empfohlene Fluorzusatz zum Speisesalz

als sogenanntes "Fluor-Vollsalz" oder der Vorschlag, die Trinkmilch zu fluoridieren, fanden dagegen wenig Anklang.

Den erwähnten Methoden der internen Anwendung des Fluors steht eine Gruppe von Fluoridierungsmöglichkeiten gegenüber, bei denen die Fluor-Ionen fast ausschließlich direkt auf die Oberfläche der Zähne einwirken. Hierzu gehört die Anwendung von fluoridhaltigen Zahnpasten und Mundwässern, sowie die Pinselung der Zähne mit Fluoridlösungen.

Mit fluoridhaltigen Zahnpasten gelang es MUHLER, sowie MARTHALER, MÜHLEMANN und Mitarbeitern nach mehrjährigem Gebrauch bei Kindern Kariesreduktionen von 20-30% zu erreichen. In Schweden versuchten BERGGREN und WELANDER durch Bürsten und Spülen der Zähne mit fluoridhaltigen Lösungen die Zahnkaries zu reduzieren. Nach dieser Methode durchgeführte Versuche an 5000 Kindern zeigten bei mehrmaliger Anwendung einer 1%igen Natriumfluorid-Lösung eine 25-30%ige Minderung des Karieszuwachses.

Schon bevor mit der Trinkwasserfluoridierung begonnen wurde, erzielten BIBBY, KNUDSON und ARMSTRONG in den Jahren 1942 bis 1944 eine 30-40%ige Kariesreduktion durch lokale Pinselung (Touchierung) der Zähne mit Natriumfluorid-Lösungen. Bei dieser Fluoridierungsmethode müssen die Zähne erst gründlich gesäubert und danach trockengelegt werden, bevor sie mit der Natriumfluorid-Lösung touchiert werden. Die gründliche Zahnreinigung ist unbedingt durchzuführen, da sich sonst die Wirkung der Fluorbehandlung um mehr als die Hälfte reduziert. Die Lösung muß mehrere Minuten einwirken. Diese Behandlung soll drei bis viermal jeweils im Abstand einer Woche wiederholt werden, wobei jedoch bei diesen nachfolgenden Touchierungen die Zahnreinigung nicht mehr erforderlich ist. Die karieshemmende Wirkung hält etwa drei Jahre vor und nimmt in dieser Zeit nur unwesentlich ab. HEUSER und KESSLER erzielten in Marburg bei 11- bis 13-jährigen Kindern mit 2%iger Natriumfluorid-Lösung eine Reduktion der Karies von etwa 40%. Bei gleichzeitiger Anwendung einer ammoniumionhaltigen Zahnpasta konnten HEUSER und KESSLER die Kariesreduktion darüber hinaus noch weiter steigern.

MUHLER zeigte, daß das Zinn-2-Fluorid in vitro die Schmelzlöslichkeit stärker vermindert als Natriumfluorid. Nach

einer Untersuchung von MUHLER und Mitarbeitern scheint das Zinn-2-Fluorid als 8%ige Lösung auch in vitro wirksamer zu sein als die 2%ige Natriumfluorid-Lösung. Bemerkenswert ist die Feststellung von MUHLER, daß es möglich ist, bei Kindern, die bereits über lange Zeit fluorhaltiges Trinkwasser erhielten, durch örtliche Anwendung von Zinn-2-Fluorid-Lösungen eine zusätzliche signifikante Karieshemmung zu erreichen.

Bei der örtlichen Anwendung des Fluors in Form von fluoridhaltigen Touchierungslösungen beruht die Wirkung auf der Reaktion des Schmelzes mit den relativ hochkonzentrierten Fluoridlösungen, wobei die Schmelzlöslichkeit vermindert und die reparatorischen Vorgänge gefördert werden. Die Minderung der Schmelzlöslichkeit ist durch die Bildung von Fluor-Hydroxyl-Apatit-Kristallen bedingt, in denen OH-Ionen isomorph durch Fluor-Ionen ersetzt sind. Die reparatorischen Vorgänge verlaufen in Form der Deckschichtenbildung, bzw. Reparatur im Sinne von HEUSER und KNAPPWOST.

Die verminderte Lösungsgeschwindigkeit fluoridierten Zahnschmelzes gegenüber Säuren zeigten sehr deutlich in vitro-Versuche von HEUSER, bei denen Würfel fluoridierten Schmelzes von 60%iger Salpetersäure in durchschnittlich 87 Minuten gelöst wurden, Würfel nicht fluoridierten Schmelzes von gleichem Volumen dagegen in 47 Minuten.

B. Hauptteil: In vitro-Untersuchungen über die Löslichkeitsreduktion menschlichen Zahnschmelzes nach einmaliger Touchierung mit einem fluoridhaltigen Kunststofflack in Abhängigkeit von der Haftdauer.

1) Die Methode der Touchierung mit Fluor-Lack.

Vergleichende oberflächenhistologische Untersuchungen von HEUSER und der Dissertation WIEGELMANNs mit dem Touchierungsmittel "Cervin-Reogan" - einer wässrigen Lösung des Fluor-Silikat-Komplexes MgSiF_6 - ergaben sowohl an vitalen, als auch an pulpentoten Zähnen bei wiederholtem Touchieren jedes Mal eine ausgeprägte Steigerung der Deckschichtenbildung.

Daher geht das Bestreben in der Entwicklung neuer Methoden der lokalen kariesprophylaktischen Anwendung des Fluors dahin, eine Anwendungsart zu finden, bei der im Gegensatz zu der nur mehr oder weniger flüchtigen Touchierung mit einer wässrigen Fluoridlösung eine möglichst langandauernde Einwirkung der Fluor-Ionen auf den Zahnschmelz gewährleistet ist.

So entwickelte BERTOLINI, auf den Arbeiten von COLLINS, SCHLEGEL u.a. basierend, ein Gerät zur Fluor-Ionophorese für die Praxis. Ein mit Fluorid-Lösung getränktes Schwämmchen wird durch einen Speziallöffel an die Zahnreihen gebracht. Durch die angelegte Spannung sollen die Fluor-Ionen besser in den Zahnschmelz diffundieren. Wie groß die Erfolge sind, wird leider nicht mitgeteilt.

Mit einem fluoridhaltigen Kunststofflack, der Fluor-Ionen über viele Stunden in hoher Konzentration abgibt und eine große Tiefenwirkung besitzt, fand H.F.M.SCHMIDT eine weitere Anwendungsmöglichkeit fluoridhaltiger Touchierungsmittel. Dieser Fluor-Lack hat einen Gehalt von etwa 2% Fluor-Ionen und einen annähernd neutralen pH-Wert. Der Lack wird nach gründlichem Reinigen des Gebisses mit einem Bimssteinpulverbrei und nach Trockenlegen der Zähne mit einem Wattebausch aufgetragen und trocknet in 1-2 Minuten. Für die Touchierung eines vollbezahnten Erwachsenen-Gebisses werden etwa 20mg Fluor-Lack aufgetragen, auf ein Milchgebiß wesentlich weniger. Von den konvexen Stellen der

Zahnoberfläche fließt der Lack weg, dagegen fließt er an konkaven Stellen, wie Fissuren, Grübchen, Füllungsrandern, sowie an den sich berührenden Zahnflächen zu einer vielfach stärkeren Schicht zusammen. Hierdurch wird an den Prädispositionsstellen der Zahnkaries die Fluoridierungswirkung verstärkt. Der Lack ist zur Erleichterung der Applikation angefärbt.

Während seiner Haftdauer am Zahn wirkt der Lack wie ein "Fluor-Ionen-Depot". Er nimmt etwas Wasser auf, und Fluor-Ionen gehen bis zum Sättigungsgleichgewicht in Lösung. Da die äußeren Lackschichten ein schnelles "Auswaschen" des Fluorids in den tieferen Bereichen der Fluor-Lack-Schicht verhindern, können die Fluor-Ionen bis zur Erschöpfung des "Fluorid-Depots" etliche Stunden intensiv mit dem Schmelz reagieren.

Histologisch konnte SCHMIDT im Auflicht- und Durchlichtmikroskop unter Anwendung des Ätz-Färbe-Verfahrens nachweisen, daß die Fluor-Ionen besonders an den Schwachpunkten der Zähne sehr tief in den Schmelz eindringen. Entlang von Schmelzsprüngen und durch kariös aufgelockerten Schmelz diffundieren die Fluor-Ionen oft bis in die Nähe der Schmelz-Dentin Grenze und "härten" so speziell diese wenig widerstandsfähigen Zonen.

Bei dem Vergleich der Säureschutzwirkung einer wässrigen 8%igen Zinn-2-Fluorid-Lösung mit der des Fluor-Lackes wurde bei Ätzversuchen mit langanhaltender Säureeinwirkung eine mindestens fünfmal stärkere Wirkung des Fluor-Lackes nach einmaliger Touchierung ermittelt.

Durch verschiedene Untersuchungen zeigten wir, daß eine einmalige Touchierung der Zähne mit Fluor-Lack eine etwa gleich große Schutzwirkung ergibt wie eine 12-stündige ununterbrochene Lagerung der Zähne in einer 2%igen Natriumfluorid-Lösung.

Im Tierversuch mit 36 Albinoratten stellte SCHMIDT nach 45-tägiger Fütterung mit der kariogenen Kost 580 nach STEPHAN bei einmaliger Touchierung mit Fluor-Lack eine Reduktion der Fissurenkaries von 67% fest. Nach zwei Touchierungen ergab sich eine Kariesreduktion von 70%. Die Glattflächenkaries war sogar um 95% vermindert. Auch klinische Versuche, die bisher erst zum Teil ausgewertet wurden, erbrachte

ten hohe signifikante Kariesreduktionen.

Der Vorteil des Fluor-Lackes gegenüber anderen fluoridhaltigen Lösungen besteht darin, daß bei ähnlicher Applikationsmethode und annähernd gleichem Zeitaufwand eine bedeutend intensivere Fluoridierung des Zahnschmelzes mit ausgeprägter Tiefenwirkung stattfindet. Neben einer direkten Beeinflussung des Schmelzes im Sinne einer gesteigerten Säureresistenz stehen dem Schmelz auf diese Weise über einen längeren Zeitraum und in größerer Menge Fluor-Ionen zu Reparationsvorgängen (HEUSER, KNAPPWOST) zur Verfügung, als dies nach Touchierungen mit den herkömmlichen wässerigen Touchierungsmitteln wie Natriumfluorid- oder Zinn-2-Fluorid-Lösungen der Fall ist.

Bei den bisher angewandten wässerigen fluoridhaltigen Lösungen konnten die Fluor-Ionen praktisch nur die wenigen Minuten einwirken, während der die Touchierung durchgeführt wurde. Dagegen beginnt die Wirkung des Fluor-Lackes erst nach dem Auftragen und erstreckt sich dann über viele Stunden. Für eine gute Wirkung ist daher eine genügend lange Haftzeit der Lackfolie notwendig. Der dünne Lackfilm haftet fest an der glatten Zahnoberfläche solange keine Nahrung genossen wird, die gekaut werden muß, und solange die Zähne nicht geputzt werden. Um einen vorzeitigen Verlust der Lackschicht zu vermeiden, wird der Lack am günstigsten am späten Nachmittag aufgetragen, und der Patient angewiesen, am Abend nur breiige Nahrung zu sich zu nehmen und die Zähne nicht zu putzen. Bis zum Frühstück, also 12 bis 16 Stunden, können die Fluor-Ionen dann mit dem Schmelz reagieren.

Nach Untersuchungen, die wir mit dem Ätz-Färbe-Verfahren durchführten, war eine optimale Wirkung einer Fluor-Lack-Touchierung dann zu erwarten, wenn der Lackfilm etwa einen halben Tag oder länger ungestört einwirken konnte.

Es war der Zweck der Untersuchungen der vorliegenden Arbeit, die Abhängigkeit der Wirkung von der Haftdauer des Fluor-Lackes mit chemisch-analytischen Methoden genauer zu erfassen, als dies allein mit dem Ätz-Färbe-Verfahren möglich ist. Die Versuche führten wir in Anlehnung an ähnliche quantitative Schmelzlöslichkeitsuntersuchungen von SCHMIDT aus.

2) Chemisch-analytische Untersuchungen.

a) Die Untersuchungsmethoden.

Zur Bestimmung der Schmelzlöslichkeit benutzten wir, wie bereits früher MÜHLEMANN, MUHLER, SCHMIDT u.a., die quantitative Phosphatbestimmung mit Hilfe der Molybdän-Blau-Reaktion nach MAC DONALD.

Die Löslichkeitsteste führten wir an extrahierten, bleibenden oberen Schneide- und Eckzähnen sowie an unteren Eckzähnen durch, deren Labialflächen keine kariösen Stellen, Füllungen, Hypoplasien oder sonstige sichtbaren Veränderungen aufwiesen. Die Labialflächen der Zähne wurden mechanisch mit einem Bimssteinpulverbrei von Belägen gereinigt und getrocknet. Einen Teil der Zähne touchierten wir mit Fluor-Lack, ein anderer Teil wurde nicht touchiert. Er diente als Kontrollserie. Wir trugen den Fluor-Lack mit einem Wattebausch auf und bemühten uns, eine möglichst gleichmäßige Beschichtung aller Präparate zu erreichen. Als Orientierung für ein gleichmäßiges Auftragen diente uns die Farbtintensität der Lackschicht. Der benutzte Lack war gleichmäßig mit einem roten Farbstoff angefärbt. Um die Schichtdicke des aufgetragenen, getrockneten Lackfilmes zu bestimmen, legten wir senkrecht zur Schmelzoberfläche von den Zähnen Querschliffe und bestimmten die Stärke der Fluor-Lack-Schicht im Auflichtmikroskop mit Hilfe eines Meßokulars. An zehn Zähnen wurde jeweils an fünf Stellen die Schichtdicke in Teilstrichen ausgemessen, wobei ein Teilstrich im Meßokular 0,02 mm entsprach. Die durchschnittliche Stärke der Fluor-Lack-Schicht betrug dabei 0,046 mm, die Standardabweichung $\pm 0,021$ mm. Nach Antrocknen des Lackes lagerten wir die Zähne im Brutschrank in destilliertem Wasser bei 37°C 4, 8, 12 oder 16 Stunden. Wir setzten dem destillierten Wasser dabei etwas Schlammkreide zu, um die in Lösung gegangenen Fluor-Ionen abzufangen, wie das in ähnlicher Weise in der Mundhöhle durch die Calcium-Ionen des Speichels geschieht. Anschließend wurde der Lack durch mehrere Chloroformpassagen restlos entfernt.

Um bei allen Zähnen eine vergleichbare, annähernd gleich große Schmelzoberfläche zu erhalten, bedienten wir uns einer besonderen Wachsfenstermethode. Während des Auftragens des Wachses drückten wir an die Schmelzoberfläche eine runde Gummiplatte von etwa 4 mm Durchmesser, die wir nach Erstarren des Wachses wieder entfernten. So entstand ein kreisrundes Fenster in dem Wachsüberzug des Zahnes.

Um die Bestimmung der Säurelöslichkeit durchzuführen, befestigten wir die Präparate an einem Draht aus Edelstahl, in den die Nummer des Präparates hineingebogen war. Dann tauchten wir die Versuchszähne in 50ml-Meßkölbchen, die 10ml einer 0,45%igen Milchsäure enthielten, bei 22°C ein und schüttelten die Kölbchen genau zwei Minuten lang. Anschließend wurden die Präparate der Milchsäure entnommen und in destilliertem Wasser aufbewahrt.

Bei dieser Behandlung mit Milchsäure gingen je nach Einwirkungszeit des Fluor-Lackes verschieden große Mengen an Schmelz und damit an Phosphat in Lösung, das durch quantitative Phosphatbestimmung zahlenmäßig erfasst wurde. Zur Phosphatbestimmung benutzten wir, wie bereits erwähnt wurde, die empfindliche colorimetrische Methode nach MAC DONALD, die auf der Bildung von "Molybdän-Blau" beruht. Obwohl die chemische Basis dieser Methode kompliziert ist, erweist sich die technische Ausführung als einfach. Die Konzentrationen der Milchsäure, sowie die Größe des Wachsfensters und die Ätzzeit waren dabei so aufeinander abgestimmt, daß die gelösten Phosphatmengen in einer zur Hälfte gefüllten 100ml-Küvette photometrisch optimal meßbare Blaufärbungen entwickelten.

Die Phosphatbestimmung geschah im wesentlichen folgendermaßen: Nach dem Ätzen der Präparate gaben wir zu dem in der Milchsäure gelösten Phosphat nacheinander in jeweils analysenreiner Form 1ml einer 6,5%igen Ammoniummolybdatlösung, 1ml 95%ige Schwefelsäure und 1ml 2%ige L(+) Ascorbinsäurelösung zu und schüttelten die Mischung gründlich. Hierbei bildet sich in dem stark sauren Milieu Phosphormolybdatssäure, die durch die Ascorbinsäure zu Molybdän-Blau reduziert wird.

Mit destilliertem Wasser wurde nun nicht ganz bis zur 50ml-Marke aufgefüllt und die Kölbchen nach weiterem

Schütteln vier Minuten in kochendem Wasser erhitzt, um die Blaufärbung zu beschleunigen. Danach ließen wir die Kölbchen 20 Minuten bei 22°C abkühlen und füllten mit destilliertem Wasser bis 50ml auf. Die Farbintensität der Lösung bestimmten wir im LANGE-Colorimeter. Die Extinktionswerte dienten bei der nachfolgenden Auswertung der Ergebnisse direkt als Maß der in Lösung gegangenen Phosphatmenge.

Da in dieser Untersuchung vor allem die Unterschiede in der Löslichkeit des Schmelzes nach längeren Ätzzeiten interessierte, also die Frage, wie lange der Zahnschmelz der Säureätzung Widerstand leistet, wiederholten wir die Phosphatbestimmung mehrmals und behandelten die Präparate zwischen diesen einzelnen Löslichkeitstesten längere Zeit mit 22,5%iger Milchsäure. Die Ätzzeiten, nach denen jeweils wieder ein Löslichkeitstest durchgeführt wurde, betrugen nacheinander zweimal je 15 Minuten und zweimal 30 Minuten bis zu einer Gesamtätzzeit von 90 Minuten. Von jedem Präparat führten wir somit nacheinander fünf Löslichkeitsteste durch.

Bei den zwischen den einzelnen Löslichkeitstesten durchgeführten Ätzungen bewegten wir die Präparate 15, bzw. 30 Minuten lang in 20ml der 22,5%igen Milchsäure bei 22°C. Anschließend wässerten wir die Zähne unter fließendem Wasser, um anhaftendes gelöstes Phosphat und Milchsäure zu entfernen. Durch das Ätzen mit der 22,5%igen Milchsäure wurde jeweils Schmelz in einer von der Vorbehandlung abhängigen Schichtdicke abgetragen. In der auf diese Weise freigelegten Schmelzschicht wurde dann erneut ein Löslichkeitstest -wie oben beschrieben- durchgeführt, usw.

Da bei den einzelnen Löslichkeitstesten nur wenig Phosphat (etwa 10-55 gamma) abgetragen wurde, konnte diese Menge gegenüber den Zwischenätzungen vernachlässigt werden.

An jeweils vier Zähnen führten wir die Löslichkeitsteste gleichzeitig durch. Wir nahmen dazu jeweils vier verschieden vorbehandelte Versuchszähne, um zu vermeiden, daß sich eventuelle Versuchsfehler einseitig auf eine Gruppe auswirken. Von den 4 bis 16 Stunden mit Fluor-Lack vorbehandelten Zähnen wurden jeweils 20 Präparate untersucht, die Kontrollwerte ermittelten wir aus 40

Zähnen. Von 20 weiteren Zähnen bestimmten wir nach 48 Stunden Einwirkungszeit des Fluor-Lackes nur die Anfangslöslichkeit.

Als Maß für die Phosphatlöslichkeit und damit für die Schmelzlöslichkeit benutzten wir, wie bereits erwähnt wurde, direkt die Meßwerte der Extinktionsskala des Colorimeters. Da die Extinktionskurve - wie aus der Literatur bekannt ist - eine Gerade darstellt, sind diese Meßwerte den tatsächlichen Phosphatwerten proportional.

Bevor wir mit den eigentlichen Versuchen begannen, prüften wir jedoch den Verlauf der Extinktionskurve der Phosphatbestimmung unter den Bedingungen unserer Versuche.

Eine 1/10000 molare Na_2HPO_4 -Lösung diente als Stammlösung, 1ml enthielt 9,5 gamma PO_4 . Es wurden jeweils acht Bestimmungen mit einem Gehalt von 1, 2, 3, 4, 5, 6 und 8 ml der Stammlösung durchgeführt. Die Mittelwerte dieser Bestimmungen sind in Tabelle I wiedergegeben. Die Tabelle umfasst den Bereich von 0 bis 76 gamma PO_4 .

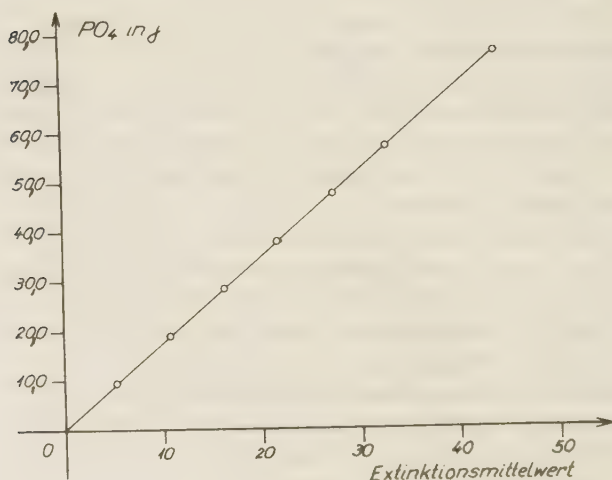


Abb. 1: Phosphateichkurve einer 1/10000 molaren Na_2HPO_4 -Lösung für den Bereich von 0 bis 76 gamma PO_4 .

PO ₄ Gehalt in gamma/ 50 ml	9,5	19,0	28,5	38,0	47,5	57,0	76,0
Extinktions- mittelwerte		10,8	16,4	21,8	27,6	33,0	44,0

Tabelle I.

Bei der statistischen Auswertung berechneten wir zunächst aus den einzelnen Meßwerten für jeden Zeitpunkt der Atzung an dem die Phosphatanalysen durchgeführt wurden und für jede Versuchsserie die Mittelwerte.

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$

($\bar{x}$ =Mittelwert, x_i =Summe der Einzelwerte, n =Anzahl der Einzelwerte).

Danach berechneten wir als Streuungsmaß die Standardabweichungen nach der Formel:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

(s =Standardabweichung, $\sum (x_i - \bar{x})^2$ =Summe der Quadrate aus den Differenzen zwischen Mittel- und Einzelwerten).

Die Frage, ob sich zwei Mittelwerte zufällig, also auf Grund ihrer Variabilität unterscheiden, oder ob ein signifikanter, d.h. echter Unterschied vorliegt, wurde schließlich mit dem t-Test nach STUDENT nach der Formel:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{(s_1)^2 + (s_2)^2}}$$

entschieden. Hierbei ist $\bar{e} = \frac{s}{\sqrt{n}}$ der mittlere Fehler des Mittelwertes. Anhand der Tabelle für den t-Test wurde die Signifikanz für die Irrtumswahrscheinlichkeit P(%) bestimmt.

b) Die Untersuchungsergebnisse.

In Tabelle II sind die Extinktionsmittelwerte, die Standardabweichungen und die Signifikanzen der einzelnen Testserien zusammengestellt, die für die Auswertung der Versuche wichtig sind.

Die Mittelwerte trugen wir in das Kurvendiagramm der Abbildung 2 ein, dessen Ordinate die gelösten Phosphatmengen und dessen Abszisse die Ätzzeiten wiedergeben. Der Verlauf der fünf Kurven wird von jeweils fünf Punkten bestimmt, von denen der erste die anfängliche Phosphatlöslichkeit wiedergibt, der zweite die Phosphatlöslichkeit nach 15 Minuten Ätzen mit der 22,5%igen Milchsäure, der dritte die Phosphatlöslichkeit nach 30 Minuten, der vierte nach insgesamt 60 und der fünfte nach insgesamt 90 Minuten Ätzzeit.

Verbindet man in Abbildung 2 die ermittelten Punkte durch Geraden, so entsteht ein Bild, das dem tatsächlichen Verlauf der Kurven - besonders in ihrem Anfangsteil - nicht entspricht. Deshalb haben wir unter Berücksichtigung der gegebenen Punkte die Kurven in ihrem wahrscheinlichen Verlauf dargestellt.

Bei der Betrachtung der Kontrollkurve F_0 fällt zunächst der starke Anstieg der Phosphatlöslichkeit um etwa 37% des Ausgangswertes nach einer Ätzzeit von 15 Minuten auf. Den geringen Ausgangswert der Löslichkeit erklärt SCHMIDT durch die anfängliche Schutzwirkung des Schmelzoberhäutchens und die anfangs glatte Beschaffenheit der Schmelzoberfläche, die durch den Angriff der Säure schnell aufgeraut wird, so daß bei den folgenden Löslichkeitstesten die Phosphatlöslichkeit erhöht ist. Während aber innerhalb der ersten 15 Minuten der Ätzung die gelöste Phosphatmenge um 37% ansteigt, erhöht sich diese dagegen nach einer weiteren Ätzzeit von insgesamt 75 Minuten nur noch um etwa 22%.

Bei den mit Fluor-Lack touchierten Zähnen kommt zu den obengenannten zwei, besonders zu Beginn der Ätzung wirksamen löslichkeitshemmenden Faktoren noch die Schutzwirkung der von Fluor-Ionen "gehärteten" äußeren Zone

Tab.II: Tabelle der Extinktionsmittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzwerte der Testserien F_0 , F_4 , F_8 , F_{12} , F_{16} und F_{48} . Als F_0 wird die Kontrollserie bezeichnet, als F_4 , F_8 , F_{12} , F_{16} und F_{48} die Serien, bei denen der Fluor-Lack 4, 8, 12, 16 und 48 Stunden vor den Löslichkeitstesten auf die Zähne einwirkte. Der signifikante Unterschied der Serien F_4 , F_8 , F_{12} , F_{16} und F_{48} zur Kontrollserie F_0 wird für die Irrtumswahrscheinlichkeit $P(\%)$ angegeben, wobei mit P der Unterschied zur Kontrollserie F_0 , mit P_4 der Unterschied zur Serie F_4 , usw. bezeichnet wird.

Zwischenätzzeiten in Minuten	0	15	30	60	90
Kontrollserie F_0	n=40 $\bar{x}=19,4$ s=+5,87	n=40 $\bar{x}=26,7$ s=+4,39	n=36 $\bar{x}=27,9$ s=+3,53	n=36 $\bar{x}=28,8$ s=+3,53	n=40 $\bar{x}=30,4$ s=+3,66
Serie F_4	n=20 $\bar{x}=13,0$ s=+4,19 P<0,001	n=19 $\bar{x}=21,7$ s=+3,10 P<0,001	n=20 $\bar{x}=25,3$ s=+3,09 P<0,01	n=20 $\bar{x}=28,2$ s=+3,12 P>0,05	n=20 $\bar{x}=30,3$ s=+3,06 P>0,05
Serie F_8	n=20 $\bar{x}=10,8$ s=+2,53 P<0,001; P_4 >0,05	n=20 $\bar{x}=19,3$ s=+2,89 P<0,001; P_4 >0,05	n=19 $\bar{x}=21,9$ s=+2,54 P<0,001; P_4 <0,001	n=20 $\bar{x}=25,7$ s=+2,99 P<0,01; P_4 <0,05	n=20 $\bar{x}=27,3$ s=+2,21 P<0,001; P_4 <0,01
Serie F_{12}	n=20 $\bar{x}=8,9$ s=+1,92 P<0,001; P_4 <0,001 P_8 <0,05	n=20 $\bar{x}=17,8$ s=+3,34 P<0,001; P_4 <0,001 P_8 >0,05	n=20 $\bar{x}=21,5$ s=+4,85 P<0,001; P_4 <0,01 P_8 >0,05	n=20 $\bar{x}=24,8$ s=+5,76 P<0,001; P_4 <0,05 P_8 >0,05	n=20 $\bar{x}=26,8$ s=+5,55 P<0,001; P_4 <0,05 P_8 >0,05
Serie F_{16}	n=20 $\bar{x}=7,5$ s=+2,20 P<0,001; P_4 <0,001 P_8 <0,001; P_{12} <0,05; P_{16} <0,01; P_{48} <0,05	n=20 $\bar{x}=15,9$ s=+3,41 P<0,001; P_4 <0,001 P_8 <0,001; P_{12} <0,05; P_{16} <0,01; P_{48} <0,05	n=19 $\bar{x}=19,2$ s=+4,61 P<0,001; P_4 <0,001 P_8 <0,05; P_{12} <0,05; P_{16} <0,01; P_{48} <0,05	n=20 $\bar{x}=23,1$ s=+4,67 P<0,001; P_4 <0,001 P_8 <0,05; P_{12} <0,05; P_{16} <0,01; P_{48} <0,05	n=20 $\bar{x}=25,6$ s=+4,09 P<0,001; P_4 <0,001 P_8 <0,05; P_{12} <0,05; P_{16} <0,01; P_{48} <0,05
Serie F_{48}	n=20 $\bar{x}=6,8$ s=+2,05 P<0,001; P_4 <0,001; P_8 <0,001; P_{12} <0,01; P_{16} <0,05	n=20 $\bar{x}=15,9$ s=+3,41 P<0,001; P_4 <0,001 P_8 <0,001; P_{12} <0,05; P_{16} <0,01; P_{48} <0,05	n=19 $\bar{x}=19,2$ s=+4,61 P<0,001; P_4 <0,001 P_8 <0,05; P_{12} <0,05; P_{16} <0,01; P_{48} <0,05	n=20 $\bar{x}=23,1$ s=+4,67 P<0,001; P_4 <0,001 P_8 <0,05; P_{12} <0,05; P_{16} <0,01; P_{48} <0,05	n=20 $\bar{x}=25,6$ s=+4,09 P<0,001; P_4 <0,001 P_8 <0,05; P_{12} <0,05; P_{16} <0,01; P_{48} <0,05

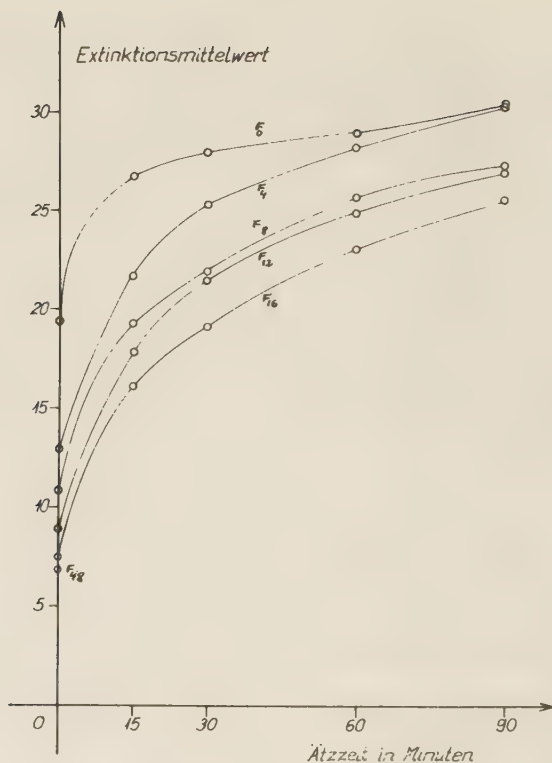


Abb. 2 : Schmelzlöslichkeit von menschlichen Zähnen in Abhängigkeit von der Einwirkungszeit einer etwa 22,5%igen Milchsäure. Aus der Abszisse sind die Zeitpunkte in Minuten angegeben, an welchen die Ätzung mit der Milchsäure unterbrochen wurde, um die Löslichkeit zu testen. Als Maßeinheit der Ordinate wurden die Extinktionsmittelwerte des LANGE-Colorimeters benutzt, die sich proportional zur gelösten Phosphatmenge verhalten (siehe auch Phosphateichkurve).

Die Zähne der Kurve F_0 sind nicht mit Fluor-Lack vorbehandelt. Die Zähne der Kurven F_4 , F_8 , F_{12} , F_{16} und F_{48} sind mit Fluor-Lack touchiert. Die Einwirkungszeit betrug bei F_4 - 4 Stunden, F_8 - 8 Stunden usw. Die Kurven dienen zur Berechnung der prozentualen Schmelzlöslichkeitsreduktion.

des Zahnschmelzes. Sie bewirkt neben einem tieferen Anfangswert einen flacheren Verlauf des ersten Abschnittes der Kurve.

Vergleicht man die vier Kurven der touchierten Zähne miteinander, so zeigt sich, daß die Kurven in ihrem Gesamtverlauf um so tiefer liegen, je länger der Fluor-Lack eingewirkt hatte.

Unter Berücksichtigung der in Tabelle II wiedergegebenen Signifikanzwerte läßt sich durch den Vergleich der Kurven auf Abbildung 2 ein guter Einblick darüber gewinnen, in welchem Maße die Schutzwirkung des Fluor-Lackes von der Einwirkungszeit abhängt. Nach vierstündiger Einwirkungszeit des Fluor-Lackes auf den Schmelz ergibt sich zunächst durch die gehärtete äußere Zone eine signifikante Verminderung der Anfangslöslichkeit von 33% gegenüber der Kontrollserie. Die Löslichkeit nimmt aber im Verlauf der Ätzzeiten stärker zu als die der Kontrollserie, so daß nach etwa 60 Minuten Ätzzeit kein signifikanter Unterschied mehr besteht.

Nach acht Stunden Liegezeit des Fluor-Lackes hat sich die Anfangslöslichkeit gegenüber der Kontrollserie zwar nur noch um etwa 11% weiter verringert, der Anstieg der Kurve ist aber im nachfolgenden Teil weniger steil als bei der Kurve F_4 . Hier ist also schon festzustellen, daß nach längerer Haftdauer des Fluor-Lackes am Zahn sowohl die Oberflächenwirkung, als auch die Tiefenwirkung verstärkt wird. Es besteht bis zu 90 Minuten Ätzzeit ein signifikanter Unterschied zur Kurve der nicht touchierten Zähne.

Eine Verlängerung der Liegezeit des Fluor-Lackes auf 12 Stunden bewirkt eine weitere Löslichkeitsminderung, sowohl der Anfangslöslichkeit als auch der Schmelzlöslichkeit nach mehrmaligem Ätzen. Die Oberflächen- und Tiefenwirkung sind noch ausgeprägter. Alle Kurvenpunkte weisen eine Signifikanz von $P < 0,001$ zur Kontrollkurve auf.

Läßt man die Fluor-Ionen des Lackes 16 Stunden mit dem Zahn reagieren, so wird die Anfangslöslichkeit des Schmelzes im Vergleich zur Kontrollserie insgesamt um über 60% herabgesetzt, nach einer Ätzzeit von 30 Minuten

um fast 33% und nach 90 Minuten Ätzzeit noch um etwa 11%. Es zeigt sich also nach einer Gesamtätzzeit von 90 Minuten noch eine ausgeprägte Schutzwirkung. Diese Kurve unterscheidet sich signifikant in allen Werten von den Kurven F_0 und F_4 . Von der Kurve F_8 unterscheidet sie sich lediglich im letzten Punkt nicht mehr signifikant ($P > 0,05$). Um festzustellen, ob eine Haftdauer des Fluor-Lackes von 48 Stunden eine weitere wesentliche Steigerung des Schutzeffektes bewirkt, wurde bei einer Serie von 20 Zähnen nach 48 Stunden Liegezeit des Fluor-Lackes die Anfangslöslichkeit ermittelt. Obwohl die Einwirkungszeit der Fluor-Ionen auf diese Zähne gegenüber den 16 Stunden fluoridierten Zähnen dreimal so lang war, war die weitere Abnahme der Löslichkeit nicht mehr signifikant und betrug nur noch 3,7%. Dies läßt erkennen, daß nach etwa 16 Stunden die Wirkung des Fluor-Lackes bei normaler Beschichtungsdicke praktisch erschöpft ist.

Die in Abbildung 2 dargestellten Kurven dienten zur Berechnung der Schmelzlöslichkeitsreduktion nach den verschieden langen Fluor-Lack-Behandlungen. Die bei den einzelnen Löslichkeitstesten ermittelten Phosphatmengen sind, wie die Kurve der nicht behandelten Zähne zeigt, abhängig von dem Ausmaß der vorangegangenen Ätzung und damit von der Menge des bereits abgetragenen Schmelzes. Bei gleich langen Ätzzeiten gingen je nach Vorbehandlung bei den einzelnen Versuchsserien unterschiedliche Mengen an Schmelz in Lösung. Um einen Extinktionswert einer mit Fluor-Lack behandelten Serie nach einer bestimmten Ätzzeit mit dem entsprechenden Wert der Kontrollserie zu vergleichen und die Löslichkeitsreduktion zu berechnen, müssen wir zunächst auf der Kurve der Kontrollserie F_0 einen Bezugspunkt suchen, bei dem das Ausmaß der vorangegangenen Ätzung gleich groß ist. Als Maß für die vorangegangene Ätzung diente uns die bisher gelöste Phosphatmenge, die den unter der Kurve liegenden Flächenabschnitten proportional ist. In Abbildung 2 bestimmten wir bei den Kurven F_4 , F_8 , F_{12} und F_{16} für jeden Zeitpunkt, an dem ein Löslichkeitstest durchgeführt wurde, den unter der Kurve liegenden Flächenabschnitt. Auf der

Kontrollkurve suchten wir dann den Punkt, auf dem der Flächenabschnitt gleich groß ist und bezeichneten diesen Punkt als Bezugspunkt. Mit ihm konnten wir dann den entsprechenden Wert auf der Fluor-Lack-Kurve vergleichen und die prozentuale Schmelzlöslichkeitsreduktion bestimmen.

Aus Tabelle III sind die Werte für die Schmelzlöslichkeitsreduktion nach den verschiedenen langen Fluor-Lack-Behandlungen zu entnehmen.

Zwischenätzzeiten in Minuten

Serie F ₄	33,0%	17,2%	9,9%	1,7%	0
Serie F ₈	44,3%	25,5%	20,1%	9,2%	8,1%
Serie F ₁₂	54,1%	30,5%	20,9%	12,4%	9,5%
Serie F ₁₆	61,3%	37,1%	28,6%	18,1%	13,1%
Serie F ₄₈	65,0%				

Tab.III: Schmelzlöslichkeitsreduktion in Abhängigkeit von der Ätzzeit nach einmaliger Touchierung mit Fluor-Lack und 4, 8, 12, 16 bzw. 48 Stunden Einwirkungszeit des Fluor-Lackes.

Die graphische Darstellung der Löslichkeitsreduktion zeigt Abbildung 3. Die vier Kurvenbilder unterscheiden sich deutlich voneinander. So beträgt die Löslichkeitsreduktion nach vier Stunden Einwirkungszeit des Fluor-Lackes zu Beginn der Kurve etwa 33%. Die Löslichkeitsreduktion steigert sich mit der Einwirkungszeit des Fluor-Lackes, bis sie nach 16-stündiger Fluoridierung etwas über 60% liegt. Deutliche Unterschiede zeigt auch der weitere Verlauf der Kurve.

Während bei den vier Stunden mit Fluor-Lack behandelten Zähnen unter Berücksichtigung der Fehlergrenze nach 60 Minuten Ätzzeit keine Löslichkeitsreduktion mehr nachzuweisen ist, beträgt sie bei der Serie F₁₆ noch 18%, also fast 1/3 der anfänglichen Reduktion.

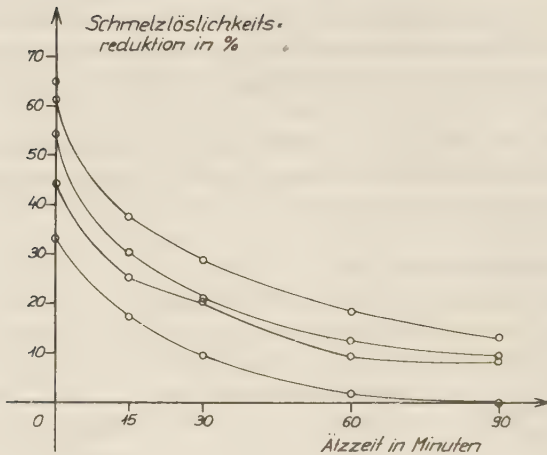


Abb. 3: Schmelzlöslichkeitsreduktion in Abhängigkeit von der Ätzzeit nach einmaliger Touchierung mit Fluor-Lack. Der Lack wirkte 4, 8, 12, 16 und 48 Stunden ein.

Am eindruckvollsten kommen die Unterschiede der Schutzwirkung zum Ausdruck, wenn wir die "Gesamtschutzwirkung" der einzelnen Versuchsserien vergleichen, wobei wir nach SCHMIDT unter der Gesamtschutzwirkung die Summe der innerhalb kleiner Zeitabschnitte bestehenden Schmelzlöslichkeitsreduktionen verstehen, die graphisch auf den in Abbildungen 4/a-c schraffierten Flächenabschnitten zum Ausdruck kommen. Vergleichsweise haben wir auf Abbildung 4/a auch die Löslichkeitsreduktion und die Gesamtschutzwirkung einer herkömmlichen Zinn-2-Fluorid-Lösung nach vier Minuten Einwirkungszeit dargestellt (entnommen : SCHMIDT, STOMA 2/64).

Vergleichen wir die Diagramme miteinander, so stellen wir fest:

Abb. 4a:

Schmelzlöslichkeitsreduktion und Gesamtschutzwirkung einer 8%igen SnF_2 -Lösung in Abhängigkeit von der Ätzzeit. Die Lösung wirkte vier Minuten auf den Schmelz ein.

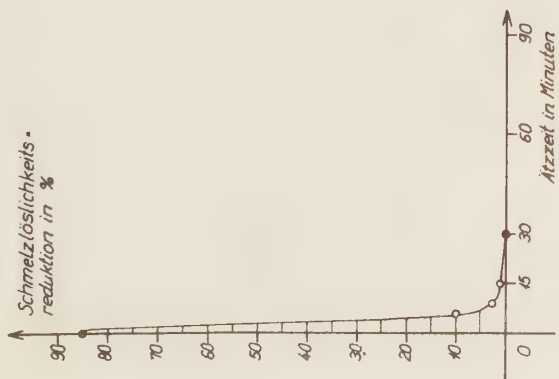


Abb. 4b:

Schmelzlöslichkeitsreduktion und Gesamtschutzwirkung des Fluor-Lackes in Abhängigkeit von der Ätzzeit. Der Lack wirkte nach einmaligem Tünchen vier Stunden ein.

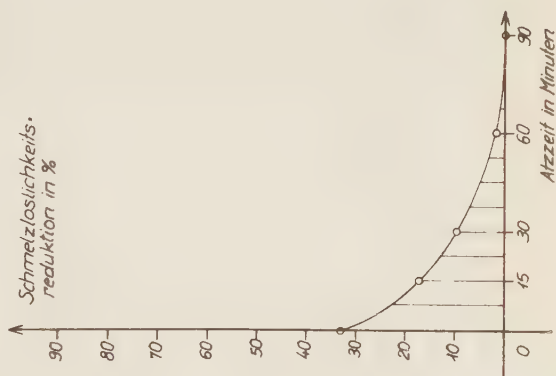
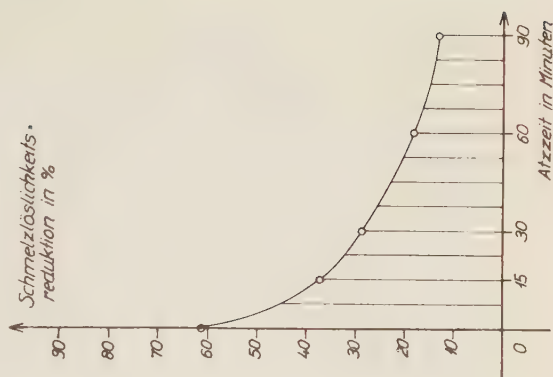


Abb. 4c:

Schmelzlöslichkeitsreduktion und Gesamtschutzwirkung des Fluor-Lackes in Abhängigkeit von der Ätzzeit. Der Lack wirkte nach einmaligem Tünchen 16 Stunden ein.



- 1) Die hohe Löslichkeitsreduktion der Zinn-2-Fluorid-Lösung von etwa 85% zu Beginn der Kurve erschöpft sich schon nach 15 Minuten Ätzen; die Zinn-2-Fluorid-Lösung zeigt nur eine oberflächliche Schutzwirkung. Die Anfangswirkung des Fluor-Lackes nach 16 Stunden Einwirkungszeit ist zwar gegenüber einer 8%igen Zinn-2-Fluorid-Lösung um etwa 25% geringer, jedoch ist die Löslichkeitsminderung selbst nach 90 Minuten Ätzen mit 11% noch signifikant. Der Fluor-Lack zeigt demnach eine wesentlich größere Tiefenwirkung.
- 2) Die Gesamtschutzwirkung einer einmaligen Fluor-Lack-Touchierung ist nach 16-stündiger Haftdauer des Lackfilmes mindestens achtmal so stark wie die einer einmaligen Zinn-2-Fluorid-Touchierung. Auch nach vier Stunden Einwirkungszeit der Fluor-Lack-Folie ist die Gesamtschutzwirkung mehr als doppelt so groß wie die einer einmaligen Zinn-2-Fluorid-Touchierung.

3) Histologische Untersuchungen.

Zur Ergänzung und zur Veranschaulichung der gewonnenen chemisch-analytischen Ergebnisse stellten wir noch einige histologische Präparate her, welche die Tiefenwirkung der Fluor-Ionen nach verschiedenen langen Einwirkungszeiten zeigten.

Um die Tiefenwirkung des Fluor-Lackes in Abhängigkeit von seiner Haftdauer am Zahnschmelz sichtbar zu machen, wendeten wir das von H.F.M.SCHMIDT entwickelte Ätz-Farbe-Verfahren an, das sich zur histologischen Darstellung der Tiefenwirkung von fluoridhaltigen Lösungen hervorragend eignet.

Hierbei wird die erhöhte Säureresistenz von fluoridiertem Zahnschmelz gegenüber nicht fluoridiertem ausgenutzt. Zahn-Quer-, bzw. Längsschliffe werden mit einem Milchsäurepuffer angeätzt und nach anschließendem Wässern mit Toluidinblau gefärbt. Beim Färben nehmen fluoridierte Bezirke des Präparates wegen der geringeren Entkalkung weniger Farbstoffe auf als nicht fluoridierte und erscheinen so im Auflicht- und Durchlichtmikroskop dem Betrachter als helle, ungefärbte Randzone im dunkelblau gefärbten Schmelz oder Dentin. Die Breite dieser Randzone gibt die Eindringtiefe der Fluor-Ionen an. Will man die Tiefenwirkung in Abhängigkeit von der Einwirkungszeit einer Fluoridierungslösung untersuchen, so ist es zweckmäßig, an dem Schmelz jedes Versuchszahnes beide Einwirkungszeiten zu testen, da die Schmelzeigenschaften der Zähne in Bezug auf Fluoraufnahme, Färbbarkeit u.a.m. Unterschiede zeigen.

Wir halbierten daher die Zähne längs zur Zahnachse mit einer Schleifscheibe. Der Lack wurde wie oben beschrieben aufgetragen und die halbierten Zahnkronen danach jeweils 4 oder 16 Stunden in Wasser von 37°C gelegt. Anschließend entfernten wir den Lack an der Oberfläche durch Chloroformpassagen und stellten etwa von der Mitte der Krone einen Querschliff her, den wir mit Schmirgelpapier, Bimsstein und Schlammkreide glätteten. Den Schnitt ätzten wir danach 15 Minuten mit einem Milchsäurepuffer (40ml Milchsäure -etwa 90%ig-, 1g Natriumhydroxyd, 400ml Aqua dest.)

wässerten 30 Minuten in fließendem Wasser und färbten 10 Minuten mit 1%iger Toluidinblau-Lösung. Nach dem Trocknen wurde der Schliff mit Eukitt, einem histologischen Einschlußmittel, auf einem Objektträger fixiert und eingebettet.

Zur Betrachtung und photographischen Wiedergabe der Schliffpräparate benutzten wir das von der Firma LEITZ hergestellte Mikroskop "Ortholux" mit der Auflichtvorrichtung "Ultrapak". Mit Hilfe des Kleinbildaufsatzes "Orthomat" wurden unter Verwendung des Filmmaterials KB 14 von ADOX die Mikrophotos hergestellt. Bei unseren histologischen Präparaten bestätigten wir unsere früheren Untersuchungen, wonach der säureresistente Randstreifen mit zunehmender Liegezeit des Fluor-Lackes bis zu etwa einem halben Tag an Breite zunahm. Diese Feststellung steht damit im Einklang mit den Ergebnissen unserer chemisch-analytischen Versuche.

Die Abbildung 5 zeigt einen fluoridierten Schmelzstreifen von etwa 0,08 mm Breite nach einmaliger Touchierung mit Fluor-Lack und einer vierstündigen Liegezeit der Lackfolie.

In Abbildung 6 ist der helle Randstreifen des fluoridierten Schmelzes nach einmaliger Touchierung mit einer Haftzeit des Fluor-Lackes von 16 Stunden dargestellt. Hier sind die Fluor-Ionen bis zu einer Tiefe von etwa 0,16 mm in den Schmelz eingedrungen, und der Fluoridierungsgrad des Schmelzstreifens ist ausgeprägter, wie wir aus der geringeren Anfärbung schließen.



Abb. 5

Darstellung der Wirkung von Fluor-Lack auf den Zahnschmelz eines Molaren mit Hilfe des Ätz-Färbe-Verfahrens. Ausschnittsvergrößerung eines Querschliffs. Der Lack wirkte nach einmaliger Touchierung 4 Stunden auf den Zahn ein. Die "gehärtete" Randzone stellt sich als heller Streifen von etwa 0,08 mm dar. Vergrößerung etwa 70-fach. Auflicht.

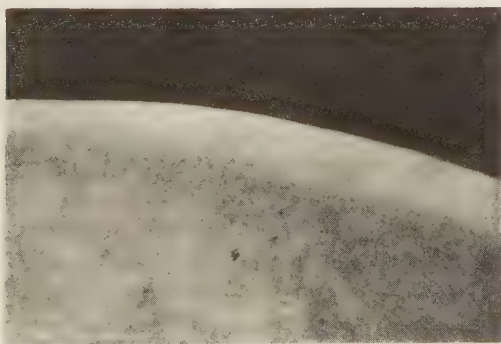


Abb. 6

Wirkung des Fluor-Lackes nach einmaliger Touchierung und einer Liegezeit von 16 Stunden am gleichen Zahn. Der Schmelz ist bis zu einer Tiefe von ca. 1,6 mm gehärtet, der Fluoridierungsgrad ist ausgeprägter. Vergrößerung etwa 70-fach. Auflicht.

4) Diskussion der Untersuchungsergebnisse.

Die Versuchsergebnisse dieser Arbeit zeigen, daß der Fluor-Lack bis zu etwa 16-20 Stunden eine zunehmende Fluoridierung des Schmelzes bewirkt, sowohl an der Oberfläche als auch in der Tiefe.

Während nach einer vierstündigen Einwirkungszeit des Fluor-Lackes auf den Zahnschmelz eine anfängliche Schmelzlöslichkeitsreduktion von ca 33% erreicht wird, steigt diese nach acht Stunden Liegezeit auf 44,3% und nach 16 Stunden auf 61,3% an.

Auch die Tiefenwirkung nimmt deutlich mit der Haftdauer des Fluor-Lackes zu, wie die Ätzversuche ergaben. Nach einer Ätzzeit von 60 Minuten zeigen die vier Stunden fluoridierten Präparate praktisch keine Schmelzlöslichkeitsreduktion mehr, die Präparate mit einer Liegezeit von 16 Stunden jedoch nach 90 Minuten Ätzzeit immer noch eine signifikante Schmelzlöslichkeitsreduktion von 13,1%.

Aus den Untersuchungsergebnissen ergibt sich für die praktische Anwendung, daß eine Haftdauer des Fluor-Lack-Filmes am Zahnschmelz von 12-16 Stunden angestrebt werden muß, um die optimale mögliche Wirkung zu erzielen. Diese Einwirkungszeit wird erreicht, wenn wir das Gebiss des Patienten am späten Nachmittag touchieren und ihn anweisen, am Abend nur weiche Nahrung zu sich zu nehmen und die Zähne erst am folgenden Morgen wieder zu putzen.

Bereits eine Liegezeit von 12-16 Stunden ergibt eine Wirkung wie eine 12-stündige, ununterbrochene Lagerung der Zähne in wässriger 2%iger Natriumfluorid-Lösung, wie Untersuchungen von uns ergaben. Dieser Vergleich zeigt die Überlegenheit des Fluor-Lackes gegenüber wässrigen Fluoridlösungen, da eine 12-stündige Touchierung in der Praxis unmöglich ist.

Nach 16 Stunden ist bei einer Schichtdicke des Fluor-Lackes von 0,05 mm die Wirkung praktisch erschöpft, eine weitere Steigerung des Schutzeffektes kann jedoch dadurch erreicht werden, daß die Touchierung ein- oder mehrmals wiederholt wird. Auch durch eine stärkere Beschichtungsstärke ist die Wirkung des Fluor-Lackes steigerbar, wobei sich aber aus der längeren Trocknungszeit des Fluor-Lackes Schwierigkeiten ergeben können.

C. Schluß: Zusammenfassung.

In der Einleitung gibt der Verfasser einen kurzen Überblick über die Kariesprophylaxe mit Fluor und ihren bisherigen Möglichkeiten.

Zu Beginn des Hauptteils wird die Methode der Touchierung mit dem von SCHMIDT an der Marburger Universitätszahnklinik vorgeschlagenen Fluor-Lack beschrieben, sowie die damit durchgeführten Versuche und deren Ergebnisse.

Mit Hilfe der quantitativen Phosphatanalyse bestimmten wir in vitro unter Anwendung der Molybdän-Blau-Methode nach MAC DONALD die Schmelzlöslichkeit nach verschiedenen langen Ätzzeiten mit einer 22,5%igen Milchsäure. Die Ätzzeiten, nach denen die Löslichkeitsteste vorgenommen wurden, betrugen dabei nacheinander zweimal 15 Minuten und zweimal 30 Minuten bis insgesamt 90 Minuten. Durch einen Vergleich der Extinktionsmittelwerte von 4, 8, 12, 16 und 48 Stunden mit Fluor-Lack vorbehandelten Zähnen mit einer Kontrollserie, die nicht mit Fluor-Lack vorbehandelt war, berechneten wir die Schmelzlöslichkeitsreduktion und stellten sie graphisch dar. Die Löslichkeitsteste führten wir in Serien zu je 20 Zähnen durch, bei der Kontrollserie betrug die Zahl 40.

Der Vergleich der Löslichkeitsreduktionen der einzelnen Versuchsgruppen zeigt eine deutliche Abhängigkeit von der Einwirkungszeit des Fluor-Lack-Filmes. Die Schmelzlöslichkeit nimmt bis zu einer Haftdauer des Fluor-Lackes von 16 Stunden laufend ab. So zeigen vier Stunden mit Fluor-Lack vorbehandelte Zähne eine Anfangsreduktion der Schmelzlöslichkeit von 33%, während eine Liegezeit der Lack-Folie von 16 Stunden eine Anfangsreduktion von 60% bewirkt. Eine Einwirkungszeit von 48 Stunden ergibt keine signifikante Steigerung des Schutzeffektes gegenüber einer Einwirkungszeit von 16 Stunden.

Auch die Tiefenwirkung wird mit zunehmender Haftdauer des Fluor-Lackes ausgeprägter. Nach 60 Minuten Ätzen zeigen vier Stunden fluoridierte Zähne keine Schmelzlöslichkeitsreduktion mehr, dagegen weisen 16 Stunden fluoridierte Zähne noch nach 90 Minuten Ätzen eine Schmelzlöslichkeitsreduktion von 11,4% auf.

Aus den Untersuchungsergebnissen geht hervor, daß bei der Anwendung des Fluor-Lackes im Munde des Patienten eine optimale Wirkung dann zu erwarten ist, wenn die Lack-Folie 12-16 Stunden auf dem Schmelz haftet.

Die histologischen Untersuchungen, die mit Hilfe des Ätz-Farbe-Verfahrens durchgeführt wurden, veranschaulichen die chemisch-analytischen Ergebnisse. Nach einmaliger Touchierung mit Fluor-Lack und einer vierstündigen Liegezeit der Lack-Folie weist der Zahn im mikroskopischen Bild einen fluoridierten Randstreifen von etwa 0,08 mm Breite auf. Nach 16 Stunden Einwirkungszeit beträgt die Breite dieses Streifens etwa 0,16 mm.

D. Literaturverzeichnis

1. ARNOLD, LINKINS, RUSSEL and SCOTT : Fifteenth Year of Grand Rapids Fluoridation Study.
J.Amer.dent.Ass. 65,780;1962
2. BERGGREN, H. : Supervised Tooth Brushing with
WELANDER, E. a Sodium Fluoride Solution in
5000 Swedish School Children.
Acta odont. scand. 18,209;1960
3. BERTOLINI, A.G. : Kariesprophylaxe durch Fluor-
Ionophorese.
Quintessenz 1,2543;1965
4. BIBBY, B.G. : Use of Fluorine in Prevention
of Dental Caries III. A Con-
sideration of the Effectiveness
of Various Fluoride Mixtures.
J.Amer.dent.Ass. 34,26;1947
5. BLACK, A.P. : Feasibility of Water Fluoridation
J.Amer.dent.Ass. 65,588;1963
6. BÖTTRICH, A. : Zahnärztliche Überwachung der
LINGELBACH, H. Trinkwasserfluoridierung in
QUENTIN, K. Europa.
Dtsch.zahnärztl.Z. 18,56;1963
7. BREDEMANN, G. : Biochemie und Physiologie des
Fluors, Berlin S.98 und 121;1956
8. BRINER, W.W. : The Effect of Enamel Fluoride
on Acid Production by Lacto-
bacillus casei.
J.dent.Res. 40,667;1961
9. DEAN, H.T. : Am.A.Adv.Sc.Publicat. 19;1942
10. DIESCH, B. : Fluorversuche in der amerika-
nischen Zahnheilkunde.
Dtsch.zahnärztl.Z. 2,276;1949
11. EICHLER, O. : Über fluorhaltige Zahnpasta.
APPEL, I. Dtsch.zahnärztl.Z. 12,702;1952
12. ENGLANDER, DE PALMA and KESSEL : The Aurora-Rockford Study I.
Effects of Water Having Natu-
rally Occuring Fluoride on
Dental Health of Young Adults.
J.Amer.dent.Ass. 65,614;1962

13. ENGLANDER, H.R. and WALLACE, D.A. : Effects of Naturally Fluoridated Water on Dental Caries in Adults. Publ. Health Rep. 77, 887; 1962
14. FISCHER, R.B. : X-ray Study of Fluorapatite Formation During the Fluoride Treatment of Powdered Dental Enamel. J. dent. Res. 35, 773; 1956
15. FISCHER, R.B. : X-ray Study of the Postulated Developement of Fluorapatite During the Fluoride Treatment of Powdered Dental Enamel. J. dent. Res. 34, 685; 1955
16. GISH, CH.W. : A New Approach ot the Topical Application of Fluorides for the Reduction of Dental Caries in Children. J. dent. Res. 36, 784; 1957
17. GISH, CH.W. : Single Topical Stannious Fluoride Application. J. dent. Res. 38, 671; 1959
18. HEUSER, H. und KESSLER, W. : Verminderung der Zahl von Neuerkrankungen an Zahnkaries durch Fluorpinselungen und ammoniumhaltige Zahnpflegemittel. Zahnärztl. Rsch. 61, 603; 1952
19. HEUSER, H. : Die Bedeutung des Speichels bei der kariesprophylaktischen Anwendung von Fluorpräparaten durch Touchierung. Dtsch. zahnärztl. Z. 12, 1345; 1957
20. HEUSER, H. : Zur Frage der Deckung von Schmelzdefekten durch lokale Fluorapplikation. (Vortrag bei der FDI Tagung in Rom am 13.9.1957)
21. HEUSER, H. : Experimentelle und klinische Untersuchungen zur Zahnschutzhärtung im Blickfeld der Reliefmikroskopie. STOMA 2, 88; 1958

22. HEUSER, H. : Grundriß der Klinik der Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten. Heidelberg 1962, S.307
23. HEUSER, H. : Zur Frage der Kariesprophylaxe durch Fluor. Dtsch.Zahnärztebl. 14,419;1962
24. HEUSER, H. und SCHMIDT, H.F.M. : Untersuchungen über die verschiedene Widerstandsfähigkeit der einzelnen Strukturbestandteile des menschlichen Zahnschmelzes gegenüber Säuren. STOMA 15,3;1962
25. HÜRNY, H. : Fluorprophylaxe sinnvoll auch am Behandlungsstuhl. Zahnärztl.Welt/Zahnärztl.Reform 2,44;1965
26. JENKINS, G.N. : Anticaries Mechanism of Fluorides in Dentifrices. Caries Symposium Zürich 1961
27. JENKINS, G.N. : Theories of the Methode of Action of Fluoride in Reducing Dental Decay. J.dent.Res. 42,444;1963
28. JORDAN, W.A. : Anticaries Technics in Non-fluoride Areas: Topical Fluoride Treatment. J.Amer.dent.Ass. 60,183;1960
29. KESSLER, W., : Kariesprophylaxe durch Fluor. Zahnärztl.Rsch. 9,62;1955
30. KNAPPWOST, A. und EFFINGER, A. : Experimentelle Untersuchungen zur Resistenztheorie der Karies. Dtsch.zahnärztl.Z. 11,669;1956
31. KNAPPWOST, A. : Grundlagen der Resistenztheorie der Karies mit einem Beitrag über die karieshemmende Wirkung peroraler Fluorgaben. Dtsch.zahnärztl.Z. 7,670;1952
32. KNAPPWOST, A. : Zur Kenntnis der lokalen Fluoridierung durch Fluoride, Fluorsilikate und fluoridierte Zahnpasten. Dtsch.zahnärztl.Z. 7,681;1952

33. KNAPPWOST, A. und ENTRESS, G. : Über den Nachweis der Wirkung physiologischer Fluorgaben auf die reparatorische Leistung des Speichels mit radioaktivem Phosphat.
Dtsch.zahnärztl.Z. 12,551;1957
34. LEACH, S.A. : Reactions of Fluoride with Powdered Enamel and Dentin.
Brit.dent.J. 106,133;1949
35. MAC DONALD, PH.D. : Determination of Phosphorus by the "Molybdenum Blue" Method (Using Organic Reductions).
Ind.Chemist 36,134;1960
36. MARTHALER, TH.M. : Die Wirkung aminfluoridhaltiger Zahnpasten auf den Karieszuwachs bei Kindern während drei Jahren unüberwachten Gebrauchs.
Schweiz.Mschr.Zahnheilkunde 73,390;1963
37. MAC CLURE, F. : Fluorine and Other Trace Elements in Nutrition.
J.Amer.med.Ass. 139,711;1949
38. MAC KAY, F.S. : J.Amer.dent.Ass. 17,747;1929
39. MAC KEE, F. : A Rational Approach to Fluoridation.
J.Amer.Water Works Ass. 45,376;1953
40. MIRIMANOFF, A. : Fluor et carie dentaire.
Schweiz.Apotheker Ztg. 92,516;1954
41. MUHLER, J.C. and DAY, H.G. : Relation of pH to the Effectiveness of Sodium Fluoride and Stannous Fluoride in Decreasing Enamel Solubility.
J.dent. Ass. 31,102;1952
42. MUHLER, J.C. : The Anticariogenic Effectiveness of a single Application of Stannous Fluoride in Children Residing in an Optimal Communal Area.
II. Results at the End of 30 Month.
J.Amer.dent.Ass. 61,431;1960

43. MÜHLEMANN, H.R.
SCHMID, H.
KÖNIG, K.G. : Enamel Solubility Reduction
with Inorganic and Organic
Fluorides.
Helv. Odont. Acta I, 23; 1957
44. MÜHLEMANN, H.R. : Fortschritte mit Fluorzahnpasten.
Schweiz. Mschr. Zahnheilkunde
73, 383; 1963
45. MYERS, H.M.
HAMILTON, J.G. and
BECKS, H.A. : Tracer Study of the Transfer
of F¹⁸ to Teeth by Topical
Application.
J. dent. Res. 31, 743; 1952
46. NAUJOKS, R.
BRAMSTEDT, F.
KRÖNCKE, A.
MARG, H. : Einfluß niedriger Fluorkonzent-
rationen auf die energiereichen
Phosphate des Speichels.
ORCA 5, 82; 1960
47. PERDOCK, W.G. : Die Aufnahme von Fluorionen
durch Zahnschmelz.
Schweiz. Mschr. Zahnheilkunde
62, 249; 1952
48. RATHJE, W. : Zur Verminderung der Kariesan-
fälligkeit durch fluorhaltiges
Trinkwasser.
Dtsch. zahnärztl. Z. 7, 693; 1952
49. SCHMIDT, H.F.M. : Untersuchungen über die Tiefen-
wirkung fluorhaltiger Lösungen
am menschlichen Zahnschmelz.
STOMA 14, 176; 1961
50. SCHMIDT, H.F.M. : Histologische Untersuchungen
über die Tiefenwirkung von
Zinnfluorid-Lösungen am mensch-
lichen Zahnschmelz, Dentin und
Zement.
Schweiz. Mschr. Zahnheilkunde
72, 979; 1962
51. SCHMIDT, H.F.M. : Histologische Untersuchungen
über die Tiefenwirkung neu-
traler NaF-Lösungen am mensch-
lichen Zahnschmelz bei kurzen
Einwirkungszeiten.
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kiefer-
heilkunde 40, 24; 1963

52. SCHMIDT, H.F.M. : Ein neues Touchierungsmittel mit besonders langanhaltendem intensiven Fluoridierungseffekt.
STOMA 17, 14; 1964
53. SCHMIDT, H.F.M. : In vitro-Untersuchungen über die Herabsetzung der Löslichkeit menschlichen Zahnschmelzes durch Behandlung mit dem neuen Touchierungsmittel Fluor-Lack.
Ein Vergleich mit einer 8%igen Zinnfluorid-Lösung.
STOMA 17, 185; 1964
54. SCHMIDT, H.F.M. : Das Ätz-Färbe-Verfahren, eine einfache Methode zur histologischen Darstellung der Oberflächen- und Tiefenwirkung lokal am Zahnschmelz angewandter Fluorpräparate.
STOMA 18, 112; 1965
55. SCHMIDT, H.F.M. : Die Wirkung des Kariesprophylaktikums Fluor-Lack im Tierversuch mit Albinoratten.
Im Druck
56. SCHMIDT, H.J. : Kariesprophylaxe durch Fluortherapie?
Heidelberg 1951, S. 36
57. THOLUCK, H. : Mitteilung des Deutschen Ausschusses für Jugendzahnpflege und seiner Kommissionen.
Zahnärztl. Mittlg. 3, 42; 1954
58. TORELL, P. : The Göteborg Studies of Methods for Applying Fluorids Topically
Advances in Fluorine Research and Dental Caries Prevention.
Pergamon Press 3
59. TRAUTZ, O. : Die Wirkung von Natriumfluorid auf
FESSENDEN, E. und Calciumsalze und Zahnschmelz.
J. dent. Res. 38, 691; 1959
ZAPANTA, R.R.
60. WAGENBICHLER, H. : Die Wirkung von fluorhaltigem Gasteinerwasser auf die Schulkinder.
Zeitschr. f. Stomatol. 48, 123; 1951

61. WEBER, E. : Grundriß der biologischen Statistik.
VEB Gustav Fischer Verlag Jena
1956
62. WESPI, H. : Fluoridiertes Kochsalz zur Kariesprophylaxe.
Schweiz.med.Wschr. 561;1950
63. WIEGELMANN, F. : Oberflächenhistologische Untersuchungen zur Frage der Herabsetzung der Löslichkeitsgeschwindigkeit der Zahnhartsubstanz durch lokale Fluoridierung mit Cervin-Reogan.
Med.Diss. Marburg 1957

Meinem verehrten Lehrer,

Herrn Prof. Dr.med.Dr.med.dent.habil. Hans H e u s e r
danke ich für die Überlassung des Themas und die Über-
nahme des Referates.

Herrn Dr.med.dent. H.F.M. S c h m i d t möchte ich für
die freundliche Unterstützung, sowie für zahlreiche
Hinweise bei der Anfertigung der Arbeit herzlich danken.



L e b e n s l a u f

In Helmstedt wurde ich, Hans-Henning Baumgarten, am 18. September 1938 als viertes Kind des Zahnarztes Dr.med.dent.Johannes Baumgarten und seiner Ehefrau Ilse, geb.Buchmann, geboren. Hier besuchte ich ab Herbst 1944 die Lutherschule und von 1949 bis 1958 das Julianum. Als Schüler des mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweiges dieses Gymnasiums legte ich am 7.März 1958 die Reifeprüfung ab.

In die Bundeswehr trat ich am 16.April 1958 beim Pionier-Bataillon 1 ein, um meiner Wehrpflicht Genüge zu leisten. Am 30.September 1959 schied ich aus der Bundeswehr als Leutnant d.R. aus. Nach zwei Wehrübungen in den Jahren 1961 und 1963 wurde ich zum Oberleutnant und nach bestandenen zahnärztlichen Staatsexamen zum Stabsarzt d.R. befördert.

Mit dem Wintersemester 1959/60 nahm ich an der Philipps-Universität in Marburg an der Lahn das Studium der Zahnheilkunde auf. Da mein Abiturzeugnis keinen Lateinnachweis enthielt, habe ich am 29.März 1960 die zum Studium erforderliche Lateinprüfung am Gymnasium Philippinum in Marburg abgelegt. Nach einem Studium von fünf Semestern legte ich in Marburg das Physikum ab. Das erste klinische Semester studierte ich in Marburg, zum Wintersemester 1962/63 begab ich mich für zwei Semester nach München. Danach kehrte ich zur Beendigung meines Studiums nach Marburg zurück, wo ich am 30.Januar 1965 mein zahnärztliches Staatsexamen bestand. Am 17.Februar 1965 erhielt ich meine zahnärztliche Approbation.

Seit dem 1.April 1965 bin ich an der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universität Marburg an der Lahn in der Konservierenden Abteilung als Verwalter einer wissenschaftlichen Assistentenstelle tätig.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren
und Dozenten:

in Marburg: Berendes, Braun-Falco, Dimroth, Dölle,
Gedigk, Hennis, Hering, Heuser, Hornung,
Janke, Korb, Kottmeyer, Löhr, Mahr, Maurath,
Niessing, Oksche, Pantke, Petry, Pfütz,
Roger, Rosemann, Schmid, Seidel, Siegert,
Siess, Walcher,

in München: Ascher, Borchers, Grill, Heiss, Holle,
Ketterl, Linzenmeier, Löblich, Schedel,
Schug-Kösters, Spann, van Thiel, von Werz.

